

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-106108

(43)Date of publication of application : 11.06.1985

(51)Int.Cl.

H01F 1/04  
C22C 19/07  
C22C 38/02

(21)Application number : 58-214841

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 15.11.1983

(72)Inventor : FUKUNO AKIRA  
YONEYAMA TETSUTO

## (54) MATERIAL FOR PERMANENT MAGNET

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a material for a permanent magnet, saturation magnetization thereof is high and an anisotropic magnetic field and a Curie temperature thereof are improved, by further adding Si to R-Fe-B group and R-Fe-Co-B group alloy groups.

CONSTITUTION: A material for a permanent magnet by this invention has compositions of (1),  $R(B_xSi_yFe_{1-x-y})A$ : (where R represents the combination of one kind or two kinds or more of rare earth elements La, Ce, Pr, Nd, Sm containing Y)  $0.01 \leq x \leq 3$ ,  $0.01 \leq y \leq 0.3$ ,  $4 \leq A \leq 16$  and (2)  $R(B_xSi_yCo_zFe_{1-x-y-z})A$ : (where R represents the combination of one kind or two kinds or more of rare earth elements La, Ce, Pr, Nd, Sm containing Y)  $0.01 \leq x \leq 0.3$ ,  $0.01 \leq y \leq 0.3$ ,  $0.01 \leq z \leq 0.98$ ,  $4 \leq A \leq 16$ . Such addition of Si improves an anisotropic magnetic field and chemical properties (corrosion resistance), and a more excellent magnet material is obtained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭60-106108

⑬ Int. Cl.

H 01 F 1/04  
C 22 C 19/07  
38/02

識別記号

庁内整理番号

7354-5E  
7821-4K  
7147-4K

⑭ 公開 昭和60年(1985)6月11日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全3頁)

⑮ 発明の名称 永久磁石用材料

⑯ 特 願 昭58-214841

⑰ 出 願 昭58(1983)11月15日

⑱ 発 明 者 福 野 亮 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

⑲ 発 明 者 米 山 哲 人 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

⑳ 出 願 人 ティーディーケイ株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号

明 細 書

1 発明の名称

永久磁石用材料

2 特許請求の範囲

(1)  $R(B_xSiyFe_{1-x-y})_A$  (ただし  $0.01 \leq x \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq y \leq 0.5$ ,  $4 \leq A \leq 16$ ) なる組成式で表わされ、上記組成式において R は、Y を含む希土類元素 La, Ce, Pr, Nd, Sm の 1 種又は 2 種以上の組合せであることを特徴とする永久磁石用材料。

(2)  $R(B_xSiyCo_zFe_{1-x-y-z})_A$  (ただし  $0.01 \leq x \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq y \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq z < 0.98$ ,  $4 \leq A \leq 16$ ) なる組成式で表わされ、上記組成式において R は、Y を含む希土類元素 La, Ce, Pr, Nd, Sm の 1 種又は 2 種以上の組合せであることを特徴とする永久磁石用材料。

3 発明の詳細な説明

本発明は希土類元素を含有する新規な永久磁石用材料に関するものである。これまでに希土類元素と遷移金属元素からなる合金系に関して

数多くの研究がなされており、その中でも希土類元素 (Ce) と Co よりなる合金系が今日実用材料となっている。具体的には  $RCe_2$  系ならびに Cu を添加  $R_2Co_{17}$  系合金である。

一方遷移金属元素として Co より資源的に豊富で安価な Fe と希土類元素からなる化合物又は合金系については、これまでいくつかの研究がなされているが、得られた基本物性値からは磁石材料としての可能性が否定されていた。

例えば  $RFe_7 \sim R_2Fe_{17}$  系合金において最高のキュリー点としても  $187^\circ\text{C}$  ( $Gd_2Fe_{17}$  が該当) しか示さず、又 1 軸結晶異方性として大きな値を示す物質も見出されていず、従って実用永久磁石材料としての可能性はないとされていた。ところが、本発明者等は飽和磁化の高い組成系において磁石材料としての基本物性値を満足せしめようとする  $R-Fe-X$  系について鋭意研究した結果、X としてボロン (B) を添加することによって飽和磁化 ( $4\pi I_s$ ) が高くかつ異方性磁場 ( $H_A$ ) およびキュリー温度 ( $T_c$ ) が改良され

えることを発見し充分磁石材料となり得ることを見出した。

すなわち、組成式で表現すれば  $R(B_xFe_{1-x})_z$  : (但し、RはYを含む希土類元素 La, Co, Pr, Nd, Sm の1種又は2種以上の組合せ)  $0.01 \leq x \leq 0.5$ ,  $4 \leq z \leq 16$  なる組成であり、その領域内においてはBの添加により、約10 KO以上の高い飽和磁化を有しかつ高い異方性磁場およびキュリー温度を有する。

又上記合金系にCoを添加した場合にはTcをさらに上昇し温度特性を改良しうる。

本発明は永久磁石材料としての可能性を一層拡大するため、上述の合金系にさらにSiを添加することにより、R-Fe-B系およびR-Fe-Co-B系の改良を図ったことを特徴とするものである。

すなわち本発明は、R-Fe-B-SiおよびR-Fe-B-Co-Si系に関するものであり、組成式で表現すれば

①  $R(B_xSi_yFe_{1-x-y})_A$  : (但し、RはYを含

しくは  $0.04 \leq x < 0.15$  となるとより良好な特性を示すようになる。このようなBとしてはフェロボロンをもちいてもよい。又Si量④が0.5以上となると飽和磁化の大きさが低下する。又Si量が0.01以下となると、磁気特性、耐食性共に添加効果がなくなる。このため、Si量は  $0.01 \leq y \leq 0.5$  となるが、好ましくは  $0.01 \leq y \leq 0.2$ , より好ましくは  $0.02 \leq y \leq 0.15$  となるとより良好な特性を示すようになる。Coの添加は必ずしも必要ではないが、Coの添加によりキュリー温度が上昇する。Coの添加量②が0.01以上、好ましくは0.05以上となるとより良好となる。又zが0.98以上となると飽和磁化の大きさが低下する。このためzは  $0.01 \leq z < 0.98$  となるが好ましくは  $0.05 \leq z \leq 0.95$ , より好ましくは  $0.05 < z < 0.6$  となる。一方(B+Si+Fe)あるいは(B+Si+Fe+Co)量とR量のモル比⑤について  $4 \leq z \leq 16$  とした理由は、モル比zが4以下になると飽和磁化の強さが低下し、モル比zが16よりも大きくなると異方性磁界の大

き希土類元素 La, Co, Pr, Nd, Sm の1種又は2種以上の組合せ)  $0.01 \leq x \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq y \leq 0.5$ ,  $4 \leq A \leq 16$

$R(B_xSi_yCo_zFe_{1-x-y-z})_A$  : (但し、RはYを含む希土類元素 La, Co, Pr, Nd, Sm の1種又は2種以上の組合せ)  $0.01 \leq x \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq y \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq z < 0.98$ ,  $4 \leq A \leq 16$

なる組成を有することを特徴とするものである。このようなSiの添加は異方性磁場および化学的性質(耐食性)を改良し、より充分な磁石材料となりえる事を見出したものである。これらの組成合金は、高周波溶解、アーク溶解等で得た溶湯を金型等に鋳込んで作成したもので結晶質の合金である。

本発明において個々の成分および成分量範囲を限定した理由は下記の通りである。すなわちB量②が0.01以下となると異方性磁界が小さくなる。又B量が0.5以上になると飽和磁化の大きさが低下する。このため、B量は  $0.01 \leq x \leq 0.5$  となるが、好ましくは  $0.05 \leq x \leq 0.2$ , より好ま

しくは  $0.04 \leq x < 0.15$  となるとより良好な特性を示すようになる。この場合、好ましくは  $5 \leq z \leq 14$  より好ましくは  $5 \leq z \leq 12$  となると異方性磁場および飽和磁化の大きさとしてより高い値を得ることができる。

以下実施例について示す。

実施例1  $Nd(B_{0.05}Si_{0.05}Fe_{0.90})_5$  の合金を作成し、物性値として  $H_A$  について測定した結果、約60 KOeであった。1方比較例として  $Nd(B_{0.05}Fe_{0.95})_5$  および  $NdFe_5$  合金を作成し同様に測定した。 $Nd(B_{0.05}Fe_{0.95})_5$  合金は50 KOeであり、 $NdFe_5$  合金は  $H_A$  としては殆んど1軸異方性は示さなかった。

又Siを添加した合金は無添加合金に比べて良好な耐食性を示した。

この結果よりSiを含む合金は、R-Fe-BおよびR-Fe系と比べて良好な特性を有する事がわかる。

実施例2 実施例1と同様に  $Nd(B_{0.05}Si_{0.05}Fe_{0.90})_5$  および  $Nd(B_{0.05}Si_{0.10}Fe_{0.85})_5$  合金を作成した。実施例1とはほぼ同様にSi添加効果が認められ

た。

実施例5  $\text{Nd}(\text{Base Si}^{0.07}\text{Co}^{0.15}\text{Fe}^{0.77})_{0.85}$ の合金を作成し、物性値として $H_A$ について測定した結果、約65 KOeであった。

一方比較例として、 $\text{Nd}(\text{Base Co}^{0.15}\text{Fe}^{0.77})_{0.85}$ の合金を作成し同様に測定した。 $\text{Nd}(\text{Base Co}^{0.15}\text{Fe}^{0.77})_{0.85}$ の合金は $H_A=52 \text{ KOe}$ であった。又耐食性についても実施例1と同様に良好であった。この結果からもわかるようにSiの効果は明らかである。

なお希土類元素RとしてY, La, Ce, Pr, Smの1種又は2種以上の組合せおよびNdとの組合せを用いても同様に有効なSi添加の効果を示す。

特許出願人

ティーディーケイ株式会社

代表者 大 蔵 寛

